پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۲۶-۱۱۱، نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 111-126 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84409

اثر همزیستی میکوریزایی و سودوموناس بر صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) تحت شرایط تنش رطوبتی

محمد صالحی[۱]، علی فرامرزی[۲*]، منوچهر فربودی[۳]، ناصر محبعلی‌پور[۴] و جلیل اجلی[۵]

۱- دانشجوی سابق دکتری، رشته زراعت، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ mohsale@gmail.com
۲- استادیار گروه اکولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران
۳- استادیار گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ farboodi@gmail.com
۴- استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ n.mohebalipour@gmail.com
۵- استادیار گروه اکولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ jalil.ajali@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۴

چکیده

آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی۹۴-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی- آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه اجرا شد. تیمارهای تنش رطوبتی در سه مرحله شامل: آبیاری معمولی، قطع آبیاری موقع گلدهی و قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی و تیمارهای تلقیح شامل: بدون تلقیح، تلقیح با گلوموس موسه، تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹و تلقیح توأم گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بود. بر اساس تجزیه واریانس داده ها، اثر تیمارهای تنش رطوبتی براساس اکثر صفات رشدی معنی‌داری بود و از لحاظ نوع تلقیح به غیر از صفات تعداد برگ در بوته و قطر ساقه، از لحاظ سایر صفات اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. تنش رطوبتی در مرحله گلدهی بیشترین کاهش در محتوی نسبی آب برگ را منجر گردید. تلقیح گلوموس موسه به ترتیب منجر به افزایش ۴۴/۳ و ۸/۴ درصدی وزن خشک برگ و وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. مرحله تشکیل غلاف حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه براساس نیاز به آبیاری تعیین گردید. تلقیح توأم سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ و گلوموس موسه به‌طور هم‌افزایی موجب بالاترین وزن خشک ساقه+غلاف، درصد کلونیزاسیون ریشه و درصد نیتروژن دانه شد. بیشترین میزان پروتئین دانه با ۱۶/۵ درصد در تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن غلاف و در تیمار تلقیح توأم گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ مشاهده شد. تلقیح سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بالاترین پاسخ رشد میکوریزایی را در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تلقیح، تنش خشکی، سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، کلونیزاسیون، گلوموس موسه، ماش

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) در گروه حبوبات خشک قرار دارد که شامل گونه‌هایی از جنس *Phaseolus* است. تقریباً ۹۰ درصد تولید ماش در مقیاس جهانی در آسیا تولید می‌شود (Vijayalashmi *et al.*, 2003). این گیاه جهت بهبود سیستم‌های زراعی به‌صورت علوفه یا غلاف‌های سبز و بذور برای سبزیجات استفاده می‌شود و تقریباً در تمام طول سال رشد می‌کند. دانه ماش از لحاظ پروتئین و آمینواسیدها غنی و شامل حدوداً ۲۵ درصد پروتئین است که تقریباً سه برابر غلات می‌باشد (Tantasawat *et al.*, 2010). بنابراین، ماش به‌عنوان منبع باارزشی از پروتئین در جوامع روستایی و کشورهای درحال‌توسعه، جاهایی که پروتئین‌های گوشت در جیره غذایی عموم غالب نیست، مصرف می‌شود.

تنش خشکی یک فاکتور محدودکننده خیلی مهم در مرحله استقرار و رشد گیاه است که روی رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد (Shao *et al.*, 2008)؛ به‌طوری که ارتفاع ساقه به‌طور معنی‌داری در سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) (Heuer & Nadler, 1995) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculaat*) (Manirannan *et al.*, 2007) تحت تأثیر شرایط تنش آبی قرار گرفت. کاهش در ارتفاع گیاه با کاهش در بزرگی سلول و افزایش پیری برگ تحت تنش آبی در ارتباط است (Bhatt & Srinivasa, 2005). همچنین در سویا، طول ساقه تحت شرایط کمبود آب کاهش یافت (Specht *et al.*, 2001) و کاهش بیش از ۲۵ درصدی ارتفاع در نهال‌های مرکبات که در معرض تنش آب بودند، مشاهده شد (Wu *et*

* نویسنده مسئول: aliifaramrzii52@gmail.com

al., 2008). تنش آبی به‌طور زیاد از گسترش سلول و رشد سلول به دلیل فشار تورگر پایین جلوگیری می کند. در ارزن تنظیم اسمزی باعث حفظ تورگر سلول برای زنده‌مانی شد یا رشد گیاه تحت شرایط خشکی سخت‌تر را موجب گردید (Shao *et al*., 2008). توسعه سطح برگ بهینه برای فتوسنتز و عملکرد ماده خشک مهم است. تنش کمبود آب رشد برگ و نیز سطح برگ را در گونه‌هایی همانند سپیدار (Wullschleger *et al*., 2005) و بسیاری گونه‌های دیگر به شدت کاهش داد (Farooq *et al*., 2009). وزن‌تر زیاد گیاه و وزن خشک برگ تحت شرایط محدود آب از ویژگی‌های قابل‌تحسین هستند. یک اثر مضر معمول تنش آب روی گیاهان کاهش در تولید بیوماس خشک و تر گیاه می‌باشد (Farooq *et al*., 2009). بهره‌وری گیاه تحت تنش خشکی به‌شدت به فرایندهای تشکیل ماده خشک و توزیع زمانی بیوماس مربوط است (Kage & Stutzel, 2004). کاهش بیوماس به دلیل تنش آب تقریباً در همه ژنوتیپ های آفتابگردان مشاهده شده است (Tahir & Mehid, 2001). بااین‌حال، برخی ژنوتیپ‌ها تحمل به تنش بهتری در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها نشان می دهند. در ژنوتیپ‌های چغندرقند، تنش آبی ملایم روی وزن خشک‌ریشه اثر گذاشت، درحالی‌که وزن خشک ساقه بیشتر از وزن خشک‌ریشه تحت تنش شدید کاهش پیدا کرد (Mohammadian *et al*., 2005). در آزمایشی مشاهده شد که رشد برگ در گندم در مقایسه با ذرت بسیار حساس به تنش آب بود (Sacks & Burman, 1997). کاهش بیوماس در سویا (Tadayyon & Soltanian, 2016)، لوبیا معمولی و ماش (Webber *et al*., 2006) تحت شرایط تنش خشکی نیز مشاهده شده است. لذا تنش خشکی روی رشد، ماده خشک و عملکرد قابل‌برداشت در تعدادی از گونه‌های گیاه اثر می‌گذارد، اما تحمل هریک از گونه‌ها به این تهدید به‌طور برجسته‌ای متفاوت است. در تحمل به خشکی و تولید بیوماس بالا کشت گیاهان با سیستم ریشه‌ای منشعب، به دلیل توانایی که آن‌ها در استخراج آب بیشتر از خاک و انتقال آن به قسمت‌های بالای زمینی جهت فتوسنتز دارند، روش سودمندی می باشد (Jaleel *et al*., 2009). روابط همزیستی بین قارچ‌های میکوریزا آربسکولار (AM) و ریشه‌های گیاهان عالی در طبیعت گسترده است و چندین مطالعات اکوفیزیولوژیکی اثبات کرده است که همزیستی آربسکولار میکوریزا جزء کلیدی در کمک‌کردن به گیاهان جهت غلبه بر تنش آبی و افزایش مقاومت به خشکی است (Esmaielpour *et al*., 2013; Mousavi *et al*., 2006). با توجه به لزوم استفاده از روش‌های طبیعی و ارگانیک در افزایش عملکرد به منظور کاهش اثرات مخرب زیست محیطی و معرفی بهترین سویه قارچ و باکتری همزیست با ریشه گیاهان بر اساس رقم زراعی و سازگاری با اقلیم مختلف، این پژوهش با هدف بررسی نقش تلقیح گلوموس موسه، سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ و تلقیح توأم آن‌ها در بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش در شرایط مختلف تنش رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

کاشت در نیمه اول خرداد ماه سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه انجام شد. طرح آزمایشی به‌صورت اسپیلت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. مشخصات طرح آزمایشی شامل ۳۶ کرت هر کدام به ابعاد ۳ ×۱/۵ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر که به‌صورت پشته و فاصله بین تکرارها ۷۵سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل شِش ردیف کاشت بود. تراکم کاشت مطلوب ۱۸۰ بوته در هر کرت (۵×۵۰ سانتی‌متر) و عمق کاشت مطلوب دو تا سه سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Habibzadeh *et al*., 2011). بر اساس نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک (جدول ۱) به هنگام کاشت کود اوره (محتوی ۴۶ درصد نیتروژن) به نسبت ۵۰ کیلوگرم در هکتار در هر واحد آزمایشی استفاده شد. تیمارهای اعمال‌شده شامل عامل اصلی نوع تلقیح: بدون تلقیح، تلقیح با باکتری سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، تلقیح با قارچ گلوموس موسه و تلقیح توأم با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹+ گلوموس موسه و عامل فرعی تنش شامل آبیاری نرمال، قطع آبیاری موقع گلدهی و قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی بود. لازم به ذکر است که باکتری سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کرج تهیه گردید. محلول سوسپانسیون تهیه شده حاوی 10^8تا 10^9 عدد باکتری زنده و فعال بود و قارچ گلوموس موسه از شرکت زیست‌فناور توران فراهم شد که در هر گرم حاوی تقریباً ۳۰ قارچ زنده و فعال بود که از طریق کشت روی گیاه میزبان تکثیر شده بود. رقم پرتو ماش از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. عمل تلقیح بذور با باکتری صبح هنگام انجام شد. بدین صورت که بذور با ۵۰ میلی لیتر محلول سوسپانسیون باکتری با غلظت10^8- 10^9 سلول در هر میلی لیتر به‌طور کامل مخلوط گردید، به‌طوری‌که بذور کاملاً در محلول باکتری غوطه‌ور شود. جهت افزایش چسبندگی باکتری‌ها به بذور از محلول ۲درصد شکر استفاده شد. سپس بذور روی کاغذ ضخیم در سایه پخش گردیدند تا خشک شوند. آبیاری نخست موسوم به خاک آب در ۱۹خردادماه انجام شد. آبیاری‌های بعدی متناسب با تیمارهای

مربوط انجام گرفت که شامل قطع آبیاری در مرحله گلدهی، قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی و آبیاری نرمال بود. به منظور محاسبه میزان آبیاری واحدها از روش (WSC[1]) فلوم تیپ۳ استفاده شد. متعاقباً علف‌های‌هرز مزرعه به‌صورت دستی در طول مراحل رشد ماش کنترل گردید و از زمان سبزشدن بذرها تا برداشت نهایی هیچ‌گونه علائم آفت و بیماری در محصول مشاهده نشد. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول۱ و میانگین بارش و دمای ماهانه در سال ۱۳۹۵ در جدول ۲، آمده است.

صفات مربوط به وزن خشک

ارتفاع بوته: میانگین ارتفاع ۱۰گیاه از هر کرت به طور تصادفی اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری گردید.

تعداد برگ: میانگین تعداد برگ در هر ۱۰بوته شمارش و یادداشت گردید.

وزن خشک برگ: پس از خشک‌کردن برگ بوته‌های انتخاب شده به‌طور تصادفی در دمای اتاق وزن خشک برگ‌ها با ترازوی دیجیتال توزین شد.

وزن خشک ساقه+غلاف: از توزین وزن خشک ساقه و غلاف ۱۰بوته انتخابی با ترازوی دیجیتال به‌دست آمد. ۵

وزن خشک گیاه: از مجموع وزن خشک برگ و ساقه+غلاف بوته‌های انتخاب‌شده از هر کرت محاسبه و یادداشت‌برداری شد.

تعداد شاخه برگی: میانگین تعداد شاخه برگی از ۱۰گیاه به‌طور تصادفی شمارش و یادداشت‌برداری شد.

قطر غلاف: تعداد غلاف ۱۰بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین قطر غلاف‌ها از قسمت میانی با استفاده از کولیس اندازه‌گیری و یادداشت شد.

محتوی نسبی آب برگ(درصد): اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC) به روش Ritchie & Nguyen (1990) بدین صورت انجام شد که از آخرین برگ توسعه‌یافته تمامی تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری و در آزمایشگاه وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شد و بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰درجه سلسیوس در آون قرار داده و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد. با قراردادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده‌هزارم در رابطه ۱، محتوی نسبی آب برگ به‌دست آمد.

رابطه ۱: $RWC=Fw-Dw/Sw-Dw \times 100$

که درآن، Fw: وزن تر؛ Dw: وزن خشک و Sw: وزن اشباع می‌باشد.

میزان نیتروژن دانه: با استفاده از روش گرهارد و دستگاه کجلدال که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می باشد، محاسبه شد (Bremmer & Mulvaney, 1982).

میزان پروتئین دانه: با به‌دست‌آوردن میزان نیتروژن و با استفاده از روش تبدیل، میزان پروتئین بذور محاسبه و یادداشت شد.

کلونیزاسیون ریشه: برای تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه از روش Giovannetti & Mosse (1980) استفاده شد. بر اساس این روش ریشه‌های رنگ‌آمیزی‌شده در سطح پتری دیش‌هایی که دارای شبکه مربعی بودند، پخش گردید و زیر بینوکولار مشاهده شدند و تعداد تقاطع‌های آن‌ها با خطوط عمودی و افقی تعیین شد. از بین این برخوردها آن‌هایی که با بخش کلونیزه‌شده ریشه تقاطع داشتند نیز به طور جداگانه شمارش شدند و به صورت کسری از کل تقاطعات به دست آمدند. چنانچه این کسر در ۱۰۰ ضرب شود، کلونیزاسیون ریشه به صورت درصد به دست می‌آید (رابطه۲):

رابطه ۲:

۱۰۰× تعداد کل تقاطع‌های بین ریشه و شبکه/ تعداد تقاطع‌های ریشه میکوریزایی با شبکه = میزان کلونیزاسیون ریشه

جهت تعیین درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی از روابط ۳ و ۴ زیر استفاده شد (Amraie *et al.*, 2015).

رابطه ۳:

۱۰۰× وزن دانه گیاه میکوریزایی /(وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی- وزن دانه گیاه میکوریزایی) = درصد وابستگی میکوریزایی

رابطه ۴:

۱۰۰× وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی/ (وزن دانه گیاه غیرمیکوریزایی- وزن دانه گیاه میکوریزایی) = درصدپاسخ رشد میکوریزایی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت تجزیه واریانس از نرم‌افزار MSTAT_C[2] و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$) و نرم‌افزارSPSS Ver. 16 و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel (2013) استفاده گردید.

۱. Washington State College

۲. Manufactured by Plant and Soil Science Michigan State University, Est lansing

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Results of soil physicochemical analysis at the site of the experiment

رطوبت اشباع خاک (درصد) S.P (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلو گرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	کربن آلی (درصد) O.C. (%)	بافت خاک Soil texture	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silty (%)	رس (درصد) Clay (%)	آهک (درصد) Lime (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
75.19	301	5.70	0.1	1.5	Clay	23	29	48	25.7	7.76	1.107

جدول۲- میانگین بارش و دمای ماهانه در سال ۱۳۹۵

Table 2. The monthly average precipitation and temperature in 2016

	ماه Month	دما (سلسیوس) Temperature (◦c)		بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)
		ماکزیمم Maximum	مینیمم Minimum	
خرداد	May	31.5	14.5	15.8
تیر	June	35.9	20.0	0.4
مرداد	July	37.4	20.6	0
شهریور	August	34.3	17.5	20.3

منبع: ایستگاه سینوپتیک و هواشناسی میانه. ایران

Source: Miyaneh Synoptic and Meteorological Station. Iran

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که بین سطوح اصلی تنش خشکی و نوع تلقیح از لحاظ ارتفاع بوته به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد (P<۰/۰۵) و یک درصد (P<۰/۰۱) وجود دارد. اختلاف بین اثرات متقابل نوع تلقیح×تنش رطوبتی در سطح احتمال پنج درصد (P<۰/۰۵) معنی‌دار گردید (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش رطوبتی ارتفاع بوته در تیمارهای قطع آبیاری موقع گلدهی و قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی به ترتیب ۲۱/۱ درصد و ۲۹/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که رشد کم یک حالت سازگارکننده برای زنده‌ماندن گیاه در شرایط تنش است؛ به این دلیل که گیاه مواد غذایی و انرژی را به‌جای استفاده برای رشد شاخساره به سمت مولکول‌های نگهداری‌کننده در برابر تنش هدایت می‌کند (Khalid, 2006). نوع تلقیح در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه در شرایط تنش رطوبتی مؤثر بود، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در تیمارهای تلقیح با *Glomus mosseae* و تلقیح توأم *G.mosseae*+*P. fluorescence* strain 169 به ترتیب با ۳۰/۶ و ۶/۲ درصد افزایش نسبت به تیمار بدون تلقیح (شاهد) مشاهده شد (جدول ۴). اثر میکوریزا بر جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر و پتاسیم را مهم‌ترین سازوکار در ارتباط با اثر آن بر رشد رویشی گیاهان ذکر کرده‌اند (Abdelhafez & Abdel-Monsief, 2006). اثر متقابل تیمار تنش رطوبتی و نوع تلقیح نشان داد که تیمار آبیاری نرمال+ تلقیح *G.mosseae* موجب افزایش ۵۲/۷ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد گردید و تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ *Pseudomonas fluorescence* strain 169 کاهش ۳۵/۹ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد را موجب شد (شکل۱). چنین به نظر می‌رسد که تنش خشکی با کاهش فشار تورژسانس سلول‌های ساقه در حال ازدیاد طولی و تولید مواد اصلی از فتوسنتز موجب می‌شود طول میانگره‌های ساقه و درنتیجه ارتفاع بوته به شدت کاهش یابد.

تعداد برگ در بوته

بر اساس نتایج، از لحاظ تعداد برگ در بوته بین سطوح مختلف تنش رطوبتی اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده شد (جدول ۳). تنش رطوبتی در مرحله گلدهی ۲۴/۳ درصد و در مرحله غلاف‌بندی ۳۵/۲ درصد تعداد برگ در بوته را نسبت به تیمار شاهد (آبیاری نرمال) کاهش داد (جدول ۵). کاهش در خصوصیات رویشی گیاه در شرایط تنش خشکی در مرزه (Esmaielpour *et al.*, 2013) و گندم (Armin *et al.*, 2014) نیز گزارش شده است. اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد برگ در بوته بین تیمارهای نوع تلقیح مشاهده نشد (جدول ۳). افزایش سطح ریشه عامل اصلی افزایش دسترسی به

آب و عناصر غذایی و بهبود رشدگیاه می‌باشد. در هنگام قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی ازیک‌طرف گیاه وارد فاز زایشی می‌شود که بدین دلیل کاهش در تعداد برگ‌ها مشهود بوده و از طرف دیگر برگ‌های پایینی تحت شرایط تنش ریزش کرده که موجب کمترین تعداد برگ در این مرحله از تنش خشکی شده است. از لحاظ تعداد برگ در بوته بین اثرات متقابل تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین سطوح مختلف تنش رطوبتی و نوع تلقیح اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد وجود دارد (جدول ۳). بالاترین وزن خشک برگ در تیمار آبیاری نرمال با ۴/۲ گرم در بوته مشاهده گردید که با اعمال تنش در مرحله گلدهی و غلاف‌بندی کاهش در وزن خشک برگ مشهود بود، به طوری که این کاهش در تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی نسبت به تیمار شاهد ۳۲/۰ درصد بود (جدول ۵). کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم‌شدن ذخیره کربن و کاهش ماده خشک می‌باشد (Hu & Schmidhalter, 2005). تلقیح با گلوموس موسه منجر به بیشترین افزایش در وزن خشک برگ شد، به طوری‌که این افزایش نسبت به تیمار بدون تلقیح (شاهد) ۴۴/۳ درصد بود (جدول ۴). تیمار تلقیح توأم گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، ۱۲/۹ درصد وزن خشک برگ را افزایش داد (جدول ۴). لذا تلقیح در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه از قبیل وزن خشک برگ مؤثر نشان داد. همزیستی میکوریزا اغلب منجر به تغییر سرعت حرکت آب در خارج و داخل گیاهان میزبان شده و روی آب‌گیری بافت و فیزیولوژی برگ اثر می‌گذارد (Ague *et al.*, 2001).

گاهی اوقات رابطه همزیستی میکوریزا از طریق اجتناب از خشکی، گیاهان را در مقابل تنش حفظ می‌کند و این کار با افزایش جذب عناصر غذایی و سایر عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاه انجام می‌شود (Ague *et al.*, 2001).

وزن خشک ساقه و غلاف

تجزیه واریانس صفات نشان داد بین سطوح مختلف تنش و نوع تلقیح از لحاظ وزن خشک ساقه+غلاف اختلاف معنی‌دار (P< ۰/۰۵) وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات حاکی از متغیربودن مجموع وزن خشک ساقه و غلاف از ۹/۹گرم در بوته در شرایط آبیاری نرمال تا ۶/۹ گرم در بوته در شرایط تنش قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی بود (جدول ۵). اختلاف در جذب آب، عناصر غذایی معدنی و تولید ماده خشک در فواصل مختلف آبیاری عامل مهم تغییرات سرعت رشد محصول بیان شده است (Habibzadeh *et al.*, 2012).

مقایسه میانگین مجموع وزن خشک ساقه+غلاف برحسب نوع تلقیح بیانگر وجود بالاترین مقدار در تیمار تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، با افزایش ۶/۴درصدی و کمترین این مقدار در تیمار تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با کاهش ۱۵/۳درصدی آن نسبت به تیمار بدون تلقیح می‌باشد (جدول ۴). با وجود عدم اختلاف معنی‌دار بین سطوح تنش و نوع تلقیح، سازوکار تلقیح تنش رطوبتی در کاهش معنی‌دار ضریب تخصیص مواد به غلاف و کارآیی مصرف نور از طریق اختلال در جذب عناصر غذایی و فرایند رشدی گیاه است. بر اساس میانگین داده‌های اثرات متقابل تیمارها مشاهده گردید که رابطه هم‌افزایی مثبت بین گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ در شرایط آبیاری نرمال بیشترین وزن خشک ساقه با ۱۱/۵ گرم در بوته را موجب شد (نمودار ۱).

وزن خشک کل تک بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین سطوح مختلف تنش و نوع تلقیح اختلاف معنی‌دار وجود دارد (P< ۰/۰۵) (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که تلقیح با گلوموس موسه در افزایش وزن خشک بوته بسیار مؤثر بود، اگرچه اختلاف معنی‌دار با میانگین وزن خشک کل بوته در تیمار تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ نشان نداد. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت تلقیح با گلوموس موسه با ۸/۴ درصد افزایش در وزن خشک کل بوته نسبت به تیمار بدون تلقیح موجب انتقال عناصر غذایی و مواد معدنی بیشتری از ریشه به اندام‌های هوایی شده است (جدول۴). در مطالعه‌ای گزارش شده است که گیاهان تلقیح شده با گونه‌های *G.intraradices* و *G. mosseae* در مراحل گلدهی تا رسیدگی میزان وزن خشک کل (TDW)، وزن خشک برگ (LDW)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت رشد محصول (CGR) و میزان جذب خالص (NAR) بالاتری نسبت به گیاهان بدون تلقیح نشان دادند (Habibzadeh *et al.*, 2012). تنش رطوبتی در مرحله غلاف‌بندی منجر به کاهش ۳۰/۶ درصدی وزن خشک بوته در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری نرمال) شد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Table 3. Variance analysis (Mean squares) of morphophysiological traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

منابع تغییرات **Sources of variation**	میانگین مربعات (Mean squares) درجه آزادی **Degree of freedom**	ارتفاع بوته **Plant height**	تعداد برگ در بوته **The number of leaves**	وزن خشک برگ **Dry weight of leaves**	وزن خشک ساقه و غلاف **Dry weight of stem+pod**	وزن خشک کل تک بوته **Dry weight of plant**
تکرار Replication	2	9.307^{ns}	177.620*	0.604^{ns}	0.211^{ns}	1.527^{ns}
تنش رطوبتی Moisture stress	2	164.7*	307.863*	5.747*	31.417*	62.897*
اشتباه آزمایش Error	4	23.721	25.993	0.539	3.525	5.804
نوع تلقیح Inoculation	3	61.125**	25.651^{ns}	3.278*	5.318*	8.538*
نوع تلقیح×تنش رطوبتی Inoculation×Stress	6	35.261*	33.321^{ns}	0.450^{ns}	2.104^{ns}	3.646^{ns}
اشتباه آزمایش Error	18	6.779	17.729	0.820	1.793	2.908
کل Total	35					
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation %		12.85	17.78	25.48	16.61	14.68

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, * & **: No significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Continue of table 3. Variance analysis (Mean squares) of morphophysiological traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

منابع تغییرات **Sources of variation**	میانگین مربعات **Mean squares** درجه آزادی **Degree of freedom**	محتوی آب نسبی برگ **Relative water content**	قطر ساقه **Stem diameter**	تعداد شاخه در بوته **The number of branches**
تکرار Replication	2	77.622	1.456^{ns}	5.272*
تنش رطوبتی Moisture stress	2	1031.412*	1.354*	6.831*
اشتباه آزمایش Error	4	33/.764	0.913	0.591
نوع تلقیح Inoculation	3	55.910	0.225^{ns}	2.736**
نوع تلقیح×تنش رطوبتی Inoculation×Stress	6	125.880	0.773^{ns}	1.138^{ns}
اشتباه آزمایش Error	18	119.081	0.556	0.531
کل Total	35			
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		21.56	25.48	10.58

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, * & **: No significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilezek) بر اساس اثرات فرعی نوع تلقیح

Table 5. Mean Comparison of morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) based on sub-effects of inoculation.

تیمار تنش خشکی **Drought stress**	ارتفاع بوته (سانتی متر) **Plant height (cm)**	تعداد برگ در بوته **The number of leaves per plant**	وزن خشک برگ (گرم در بوته) **Dry weight of leaves (gr)**	وزن خشک ساقه + غلاف **Dry weight of stem+pod (gr)**	وزن خشک کل (تک بوته) (گرم) **Dry weight of plant (gr)**	محتوی نسبی آب برگ **Relative water content**	تعداد شاخه در بوته **The number of branch per plant**
آبیاری نرمال Normal irrigation	24.375[a]	28.718[a]	4.289[a]	9.914[a]	14.203[a]	55.53[a]	7.496[a]
قطع آبیاری موقع گل دهی Cutting irrigation in flowering stage	19.227[b]	21.733[b]	3.456[b]	7.330[b]	10.786[a]	39.93[b]	7.129[a]
قطع آبیاری موقع غلاف بندی Cutting irrigation in pod filling stage	17.184[b]	18.588[c]	2.916[b]	6.935[b]	9.856[b]	56.40[a]	6.045[b]

در هر ستون بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه مشخص‌شده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each column, among means followed by same latter(s) there are not significant differences at Duncan's (5%).

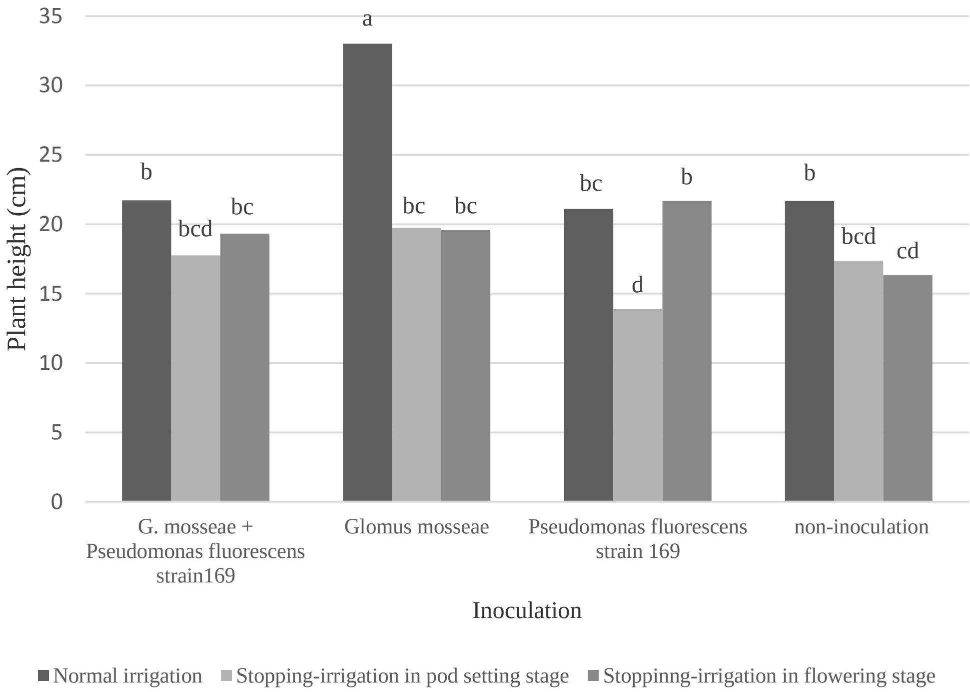
جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفوفیزیولوژیکی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) بر اساس اثرات اصلی تنش خشکی

Table 4. Mean comparison of morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) based on the main effects of drought stress

نوع تلقیح **Inoculation**	ارتفاع بوته (سانتی متر) **Plant height (cm)**	وزن خشک برگ (گرم در بوته) **Dry weight of leaves (gr)**	وزن خشک ساقه + غلاف (گرم) **Dry weight of stem + pod (gr)**	وزن خشک بوته (گرم) **Dry weight of plant (gr)**	تعداد شاخه در بوته **The number of branch per plant**
بدون تلقیح No-inoculation	18.456[b]	3.067[b]	8.344[a]	11.411[ab]	6.694[b]
سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *Pseudomonas fluorescence* 169	18.883[b]	3.259[b]	7.060[b]	10.319[b]	7.711[a]
گلوموس موسه *Glomus mosseae*	24.106[a]	4.426[a]	7.950[a]	12.376[a]	6.621[b]
گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ *Glomus mosseae* + *Pseudomonas fluorescence* strain 169	19.603[b]	3.463[b]	8.884[a]	12.354[a]	6.533[b]

در هر ستون بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه مشخص‌شده اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each column among means followed by same latter(s) there are not significant differences at Duncan's (5%)



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش رطوبتی و نوع تلقیح بر اساس ارتفاع بوته ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Fig. 1. Interaction effects of moisture stress and inoculation on height of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

محتوی نسبی آب برگ

نتایج حاصل، نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین تیمارهای مختلف تنش از لحاظ محتوی نسبی آب برگ بود و بین اثر اصلی نوع تلقیح و اثرات متقابل نوع تلقیح×تنش رطوبتی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد (جدول۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد اثر قطع آبیاری موقع گلدهی بر کاهش محتوی نسبی آب برگ بیشتر بود، ولی تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی اثر معنی‌داری در محتوی نسبی آب برگ نسبت به تیمار شاهد (آبیاری نرمال) نشان نداد (جدول۵). وقتی پتانسیل خاک کاهش می‌یابد، گیاهان برای حفظ قدرت جذب آب باید پتانسیل آب درونی را به‌قدری کاهش دهند تا به یک شیب مطلوب برسد. برای ایجاد جریان آب از خاک به داخل ریشه‌ها مهم‌ترین مکانیسم تنظیم اسمزی بیان شده است که گیاه پتانسیل اسمزی را توسط انباشتگی یون‌های آلی یا مواد محلول کاهش می‌دهدEsmaielpour (*et al.*, 2013).

تعداد شاخه در بوته

از آنجایی که شاخه‌های جانبی می‌توانند تعیین‌کننده تعداد برگ‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز باشند، بررسی این شاخص در شرایط تنش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Rafie Shirvan & Asgharipoor, 2010). نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارهای مختلف تنش رطوبتی و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین تیمارهای نوع تلقیح است (جدول ۳). تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار در تعداد شاخه در بوته گردید، به‌طوری‌که بیشترین تعداد در تیمار آبیاری نرمال با ۷/۴ شاخه و کمترین آن در تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی با ۶/۰۴ شاخه مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۱۹/۳درصد کاهش نشان می‌دهد (جدول ۴). در سایر تحقیقات نیز اثرات سطوح مختلف تنش خشکی بر تعداد شاخه‌های بوته مورد بررسی قرارگرفته و روند نزولی تعداد شاخه جانبی در پتانسیل‌های منفی گزارش شده است (Leport *et al.*, 1998). در گیاهان تلقیح‌شده با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ افزایش ۱۵/۱درصدی تعداد شاخه در بوته نسبت به تیمار بدون تلقیح حاصل شد (جدول۵) که بیانگر نقش مثبت همزیستی سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ در افزایش تعداد شاخه در بوته است.

نیتروژن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد بین تیمارهای نوع تلقیح و برهمکنش نوع تلقیح×تنش رطوبتی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (جدول۶). مطابق جدول مقایسه میانگین صفات بر اساس اثرات اصلی تیمارها گیاهان تلقیح شده با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با میانگین ۲/۱ درصد بیشترین میانگین درصد نیتروژن را به خود اختصاص دادند؛ درحالی‌که بین سطوح مختلف تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۷). باکتری سودوموناس فلورسنت ۱۶۹ با قارچ گلوموس موسه به خاطر نقشی که به‌عنوان باکتری‌های کمک‌کننده دارند، موجب هم‌افزایی و اثر افزایشی بر فعالیت گلوموس موسه به خصوص از طریق افزایش سطوح جذب ریشه و هیف‌های قارچی گشته و افزایش در جذب نیتروژن و افزایش درصد نیتروژن دانه را منجر شده است. بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات بیشترین مقدار نیتروژن دانه در تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+تلقیح با گلوموس موسه+سودموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ و کمترین این مقدار در تیمار آبیاری نرمال+تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ به ترتیب با ۲/۶ و ۱/۳ درصد مشاهده شد (جدول ۷). در نهایت، در این بررسی انجام همزیستی میکوریزایی بر درصد نیتروژن دانه تأثیر مثبت داشته و عکس‌العمل آن در شرایط دیم نسبت به آبیاری نرمال (شاهد) بیشتر بود.

پروتئین دانه

اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد از لحاظ پروتئین دانه بر اساس نوع تلقیح و اثرات متقابل نوع تلقیح و تنش رطوبتی مشهود می‌باشد (جدول۶). مطابق جدول مقایسه میانگین صفات بر اساس اثرات اصلی تیمارها کمترین مقدار پروتئین دانه در تیمار آبیاری نرمال مشاهده گردید و تیمار تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ منجر به بیشترین درصد پروتئین دانه با مقدار ۱۳/۲درصد شد (جدول ۷). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع تلقیح و تنش رطوبتی، میزان پروتئین دانه ماش در شرایط تنش بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود و تیمار قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی و تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با ۱۶/۵درصد بیشترین پروتئین دانه را منجر شد (جدول ۷). محققان، افزایش در پروتئین دانه تحت تنش رطوبتی را در سویا (Navvabpour *et al.*, 2017) و آفتابگردان (Esmaielpour *et al.*, 2013) نیز گزارش کرده اند.

درصد کلونیزاسیون ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که این ویژگی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر نوع تلقیح و در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر اثرمتقابل تیمارها قرار گرفت (جدول۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بر اساس اثرات اصلی نوع تلقیح بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه با ۴۶/۴ درصد مربوط به تیمار تلقیح توأم گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بود (جدول ۷). در گیاه ذرت، بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه در شرایط ۳۳ درصدی ظرفیت زراعی و در همزیستی با گونه *G.mosseae* را ۸۲/۶۷درصد و کمترین میزان کلونیزاسیون را ۴۸درصد در شرایط ۱۰۰ درصدی ظرفیت زراعی و همزیستی با *G.intraradices* گزارش کرده اند (Shahhosini *et al*., 2013). کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه نیز که معادل ۳۲/۴ درصد بود، به تیمار بدون تلقیح اختصاص یافت (جدول ۷). مشاهده گردید که با اعمال تنش رطوبتی میزان کلونیزاسیون ریشه کاهش یافت. تیمار عدم آبیاری در مرحله غلاف‌بندی و تلقیح همزمان گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹، ۵۵/۳درصد کلونیزاسیون ریشه را موجب گردید که بالاترین درصد کلونیزاسیون بین تیمارهای آزمایشی بود (جدول ۷). کاهش درصد کلونیزاسیون با اعمال تنش احتمالاً به دلیل کاهش در تندش و رشد ریسه‌ها است (Ali Asgharzadeh, 2010). تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ نسبت به گلوموس موسه درصد کلونیزاسیون بیشتری را موجب شد (جدول۷). بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاه بزرک را ۳۲/۸۲درصد در تیمار بدون تنش خشکی و در تلقیح با گونه *Glomus intraradices* و کمترین این میزان را ۸/۶۸درصد در تیمار تنش شدید و شاهد بدون تلقیح گزارش نموده‌اند (Tadayyon & Soltanian, 2016).

درصد وابستگی میکوریزایی و درصد پاسخ رشد میکوریزایی

تیمار گلوموس موسه به تنهایی بیشترین درصد میکوریزایی را به خود اختصاص داد که موجب شد ریشه‌های کم‌انشعاب ماش به دلیل وجود شبکه گسترده‌ای از ریسه‌های خارجی ناشی از قارچ گلوموس موسه در خاک به‌عنوان ادامه‌دهنده سیستم ریشه‌ای ضعیف گیاه عمل نموده و قادر سازد آب و مواد غذایی را از مناطق دور از دسترس ریشه به گیاه منتقل دهد. با اعمال تنش در مرحله غلاف‌بندی وابستگی میکوریزایی افزایش‌یافت (جدول ۸) که با وجود این، درصد

وابستگی میکوریزایی تلقیح دوگانه گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بیشتر از سایر تیمارهای تلقیح بود (جدول ۸). لذا تنش رطوبتی در مرحله غلاف‌بندی باعث داشتن گیاهانی باریشه‌های موئی کم شده و ریشه‌های ضعیف درصد وابستگی میکوریزایی بیشتری نسبت به شرایط رشدی نرمال و گیاهان دارای سیستم ریشه‌ای پرانشعاب داشتند. سایرین نیز درصد وابستگی میکوریزایی برای گیاهان در معرض تنش را نسبت به گیاهان دیگر بیشتر گزارش کردند (Omidi *et al.*, 2011). براساس جدول ۸، درصد پاسخ رشد میکوریزایی در شرایط تنش رطوبتی بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بوده و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ بالاترین درصد پاسخ رشدی را در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی داشت (جدول ۸). چنین به نظر می‌رسد تحت شرایط تنش رطوبتی گیاهان با همکاری میکوریزایی با سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ قابلیت دسترسی‌شان به عناصر غذایی، آب و مواد معدنی را با توجه به تولید مسلیوم و ریسه افزایش می‌دهند. بیان شده است که موتانت BSP53a سودوموناس فلورسنس عامل تولید زیادی اسید اندول استیک و توسعه ریشه در ماش می‌باشد (Glick, 2012).

نتیجه‌گیری

بین تیمارهای تنش رطوبتی بر اساس اکثر صفات رشدی تنوع معنی‌داری مشاهده شد و از لحاظ نوع تلقیح به غیر از صفات تعداد برگ در بوته و قطر ساقه در بقیه صفات اختلاف معنی‌دار بود. تنش رطوبتی اکثر پارامترهای رشدی گیاه را کاهش داد، به‌طوری‌که در مرحله گلدهی بیشترین کاهش در محتوی نسبی آب برگ را موجب شد. تلقیح گلوموس موسه به ترتیب باعث افزایش ۴۴/۳ و ۸/۴ درصدی وزن خشک برگ و وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. مرحله تشکیل غلاف حساس‌ترین مرحله رشدی گیاه بر اساس نیاز به آبیاری تعیین گردید. میکروب‌های خاک توانست اثرات تنش رطوبتی را از طریق افزایش ارتفاع گیاه به‌طور مستقیم و وزن خشک ساقه و غلاف، وزن خشک برگ و وزن خشک گیاه را به طور غیرمستقیم کاهش دهد. محتوی پروتئین دانه در شرایط تنش رطوبتی بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود. قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی به همراه تلقیح گلوموس موسه و سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ با مقدار ۱۶/۵ درصد بیشترین محتوی پروتئین دانه را موجب گردید.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات درصد نیتروژن، درصد پروتئین دانه و درصدکلونیزاسیون ریشه ماش (*Vigna radiata* L Wilczek)

Table 6. Variance analysis (mean squares) of nitrogen percentage of seed, grain protein percentage and root colonization percentage of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares درصد نیتروژن دانه Nitrogen percentage of seed	درصد پروتئین دانه Protein percentage of seed	درصد کلونیزاسیون ریشه Root colonization percentage
تکرار Replication	2	3.090*	15.36*	0.033
تنش رطوبتی Moisture stress	2	0.382^{ns}	1.826*	0.033^{ns}
اشتباه آزمایش Error	4	0.483	2.724	0.021
نوع تلقیح Inoculation	3	0.005*	0.110**	0.30**
نوع تلقیح×تنش رطوبتی Moisture stress×Inoculation	6	0.006*	0.113**	0.015*
اشتباه آزمایش Error	18	0.002	0.021	0.007
کل Total	35			
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		11.46	7.25	20.93

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, * & **: No significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول۷ - مقایسه میانگین درصد نیتروژن دانه، درصد پروتئین دانه و درصد کلونیزاسیون ریشه ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Table 7. Mean comparison of nitrogen percentage of seed, grain protein percentage and root colonization percentage of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

تیمارها **Treatments**	نیتروژن دانه (درصد) **Nitrogen of seed (%)**	پروتئین دانه (درصد) **Seed protein (%)**	کلونیزاسیون ریشه (درصد) **Root colonization (%)**
آبیاری نرمال Normal irrigation	1.463[a]	9.091[b]	39.1[a]
قطع آبیاری موقع گلدهی Cutting-irrigation in flowering stage	2.313[a]	14.385[a]	33.5[a]
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی Cutting-irrigation in pod setting stage	2.319[a]	14.420[a]	44.0[a]
بدون تلقیح No-inoculation	2.057[a]	12.789[b]	32.4[d]
تلقیح باسودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *Pseudomonas fluorescens* strain169	1.840[b]	11.439[c]	46.4[a]
تلقیح با گلوموس موسه *Glomus mosseae*	2.097[a]	13.037[ab]	37.7[c]
تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.133[a]	13.263[a]	38.9[b]
آبیاری نرمال+بدون تلقیح Normal irrigation+No-inoculation	1.467[h]	9.117[h]	43.3[d]
آبیاری نرمال+تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+*Pseudomonas fluorescens* strain169	1.433[h]	8.910[h]	31[j]
آبیاری نرمال+تلقیح با گلوموس موسه Normal irrigation+*Glomus mosseae*	1.557[g]	9.677[g]	37[g]
آبیاری نرمال+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	1.393[h]	8.660[i]	45[e]
قطع آبیاری موقع گلدهی+ بدون تلقیح Cutting-irrigation in flowering stage+No-inoculation	2.397[c]	14.903[c]	23.7[k]
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Cutting-irrigation in flowering stage+*Glomus mosseae*	2.250[e]	13.990[e]	36.6[h]
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه Cutting-irrigation in flowering stage+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.263[e]	14.077[e]	36.6[i]
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Cutting-irrigation in flowering stage+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.343[d]	14.570[d]	39.3[f]
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ بدون تلقیح Cutting-irrigation in pod setting stage+No-inoculation	2.307[de]	14.347[d]	30.3[j]
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه۱۶۹ cutting-irrigation in pod setting stage+Glomus mosseae	1.837[f]	11.417[f]	49.3[b]
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه Cutting-irrigation in pod setting stage+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.470[b]	15.357[b]	40.13[e]
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ cutting-irrigation in pod setting stage+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	2.663[a]	16.560[a]	55.3[a]

در هر ستون، بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه نشان داده‌شده‌اند، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

In each column, among means followed by same letter(s) there are not significant differences at Duncan's (5%).

جدول ۸- درصد پاسخ رشد میکوریزایی و درصد وابستگی میکوریزایی ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) در تیمارهای مختلف

Table 8. Mycorrhizal growth response percentage and mycorrhizal dependency percentage of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) under different treatments

تیمارها Treatments	وابستگی میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal dependency (%)	پاسخ رشد میکوریزایی (درصد) Mycorrhizal growth response (%)
بدون تلقیح No-inoculation	0	0.0
تلقیح باسودموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *Pseudomonas fluorescens* strain169	10	20
تلقیح با گلوموس موسه *Glomus mosseae*	14	17
تلقیح با گلوموس موسه+سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ *G. mosseae*+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	16	16.6
آبیاری نرمال Normal irrigation	0	10.2
قطع آبیاری موقع گلدهی Stoppinng-irrigation in flowering stage	10	11
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی Stopping-irrigation in pod setting stage	10	11
آبیاری نرمال+بدون تلقیح Normal irrigation+ No-inoculation	0	0.00
آبیاری نرمال+تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	13	19
آبیاری نرمال+تلقیح با گلوموس موسه Normal irrigation+ *Glomus mosseae*	17	17
آبیاری نرمال+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Normal irrigation+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain169	11	18
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ بدون تلقیح Stopping-irrigation in pod setting stage+ No-inoculation	0	0.001
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stopping-irrigation in pod setting stage+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	13	16
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه Stopping-irrigation in pod setting stage+ *Glomus mosseae*	14	17
قطع آبیاری موقع غلاف‌بندی+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stopping-irrigation in pod setting stage+*G. mosseae*+*Pseudomonas fluorescens* strain 169	18	17
قطع آبیاری موقع گلدهی+ بدون تلقیح Stoppinng-irrigation in flowering stage+ No-inoculation	0	0.01
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه Stoppinng-irrigation in flowering stage+ *Glomus mosseae*	18	16
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stoppinng-irrigation in flowering stage+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	14	11
قطع آبیاری موقع گلدهی+ تلقیح با گلوموس موسه+ سودموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ Stoppinng-irrigation in flowering stage+ *G. mosseae*+ *Pseudomonas fluorescens* strain169	10	19

سودوموناس فلورسنت سویه ۱۶۹ به دلیل نقشی که به عنوان باکتری کمک‌کننده دارد، به طور هم‌افزایی روی فعالیت گلوموس موسه از طریق افزایش سطح جذب ریشه و ریسه‌ها موجب بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه، بالاترین پاسخ رشدی میکوریزایی، جذب نیتروژن و نهایتاً درصد نیتروژن دانه شد.

سپاسگزاری

برخود وظیفه می‌دانیم از زحمات آقایان دکتر علی ایمانی (بخش تحقیقات باغبانی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج)، دکتر حمیدرضا اصغری (دانشکده مهندسی کشاورزی- دانشگاه صنعتی شاهرود) و دکتر محمدباقر خورشیدی بنام (مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی) به خاطر مساعدت‌هایی که در تهیه مواد آزمایشی و اجرای آزمایش داشتند، تقدیر و تشکر نماییم.

منابع

1. Abdelhafez, A.A., and Abdel-Monsief, R.A. 2006. Effects of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of Cantaloupe and Cucumber under different water regimes. Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(6): 503-508.
2. Ali Asgharzadeh, N. 2010. Soil Microbiology and Biochemistry. Al-Dera Pal, Francis E Clark (Eds.). Publication of Tabriz University. Iran.
3. Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafiae, M., Paknejad, F., and Rajae, F. 2015. Evaluation of the effects of biofertilizers (Mycorrhizal and Azotobacter) on yield and some agronomical characteristics in different wheat cultivars. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 12(2): 1-17. (In Persian with English Summary).
4. Armin, M., Sharifinia, M.R., and Mortazavi, E. 2014. The effects of mycorrhizal symbiosis in increased tolerance to drought stress in wheat (*Triticum aestivum*). Journal of Crop Ecophysiology 1(6): 1-15. (In Persian with English Summary).
5. Auge, R.M., Stodola, A.J.W., Times, J.E., and Saxton, A.M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil 230: 87-97.
6. Bhatt, R.M., and Srinivasa Rao, N.K. 2005. Influence of pod load response of Okra to water stress. Indian Journal of Plant Physiology 10: 54-59.
7. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total, P: 595-624. In: A.L. Page, *et al.*, (Eds.), and Methods of Soil Analysis. Agronomy Monograph 9, Part 2, [2]nd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
8. Esmaeilpour, B., Jalilvand, P., and Hadian, J. 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). Agroecology Journal (5)2: 169-177. (In Persian with English Summary).
9. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.
10. Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
11. Glick, B.R. 2012. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. Volume 2012, Article ID 963401, PP: 15.
12. Habibzadeh, Y., Zardoshti, M.R., Pirzad, A., and Jalilian, J. 2012. Effect of mycorrhiza fungi on growth indices and grain yield of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under water deficit stress. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 2(60): 57-68. (In Persian with English Summary).
13. Heuer, B., and Nadler, A. 1995. Growth, development and yield of potatoes under salinity and water deficit. Australian Journal of Agricultural Research 46: 1477-1486.
14. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Plant Nutrition 168: 541-549.
15. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., and Vam, R.P. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture & Biology 11: 100-105.
16. Kage, H., Kochler, M., and Stützel, H. 2004. Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation. European Journal of Agronomy 20: 379-394.
17. Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp). International Agrophysics 20: 289-296.
18. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Tennant, D., Thomson, B.D., and Siddique, K.H.M. 1998. Water relation, gas exchange, and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. European Journal of Agronomy 9: 295-303.

19. Manirannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Sridharan, R., and Panneerselvam, R. 2007. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. by propiconazole under water deficit stress. Colloids Surf. B: Biointerfaces 57: 69-74.
20. Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H., and Sadeghian, S.Y. 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. Turkish Journal of Botany 29: 357-368.
21. Mousavi Jangali, S.A., Omani, B., Sharifi, M., and Hossein Nezhad, Z. 2006. Effect of phosphate soluble microorganisms with mycorrhiza on some quality traits and yield of corn (SC704). The 9th Congress of Agronomy and Plant Breeding, Karaj. Seed and Plant Improvement Research Institute. P: 1. (In Persian with English Summary).
22. Navvabpour, S., Hezar Jaribi, A., and Mazandarani, A. 2017. Investigating the effect of drought stress on important agronomic traits and protein and seed oil content in *Glycin max* L. genotypes. Environmental Stress in Crop Sciences Journal 4(10): 491-503. (In Persian with English Summary).
23. Omidi, A., Mirzakhani, M., and Ardakani, M.R. 2011. Evaluation of quality traits in Bastard saffron (*Carthamus tinctorius* L.) under the effect of azotobactor and mycorrhizal symbiosis. Journal of Agroecology 6(2): 338-324. (In Persian with English Summary).
24. Rafie Shirvan, M., and Asgharipoor, M.R. 2010. Response of yield and morphological traits of some mungbean, (*Vigna radiata* L.) genotypes to drought stress. New Agriculture Science Journal 15(5): 68-76. (In Persian with English Summary).
25. Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
26. Sacks, M.M., Silk, W.K., and Burman, P. 1997. Effect of water stress on cortical cell division rates within the apical meristem of primary roots of maize. Plant Physiology 114: 519-527.
27. Shahhosini, Z., Gholami, A., and Asghari, H.R. 2013. The Effects of mycorrhizal symbiosis on yield and some growth characteristics of maize under water deficit condition. Iranian Journal of Field Crop Science 2(24): 249-260. (In Persian with English Summary).
28. Shao, H.B., Chu, L.Y., Shao, M.A., Abdul Jaleel, C., and Hong-Mei, M. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. Comptes Rendus Biologie 331: 433-441.
29. Specht, J.E., Chase, K., Macrander, M., Graef, G.L., Chung, J., Markwell, J.P., Germann, M., Orf , J.H., and Lark, K.G. 2001. Soybean response to water. A QTL analysis of drought tolerance. Crop Science 41: 493-509.
30. Tadayyon, A., and Soltanian, M. 2016. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on root colonization and phosphorus uptake of linseed (*Linum ussitatissimum* L.) under drought stress conditions. Journal of Plant Processes Function 5(15): 147-156. (In Persian with English Summary).
31. Tahir, M.H.N., and Mehid, S.S. 2001. Evaluation of open pollinated sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations under water stress and normal conditions. International Journal of Agricultural Biology 3: 236-238.
32. Tantasawat, P., Trongchuen, J., Prajongjai, T., Thongpae, T., Petkhum, Ch., Seehalak, W., and Machikowa, Th. 2010. Variety identification and genetic relationships of mung bean and black gram in Thailand based on morphological characters and SSR analysis. African Journal of Biotechnology 9(27): 4452-4464.
33. Vijayalakshmi, D., Amirthaveni, S., Devadas, R.P. Weinberger, K., Tsou, S.C.S., and Shanmugasundaram, S. 2003. Enhanced Bioavailability of Iron from Mungbeans and its Effects on Health of School Children. AVRDC technical Bulletin No. 30. Shanhua, Taiwan.
34. Webber, M., Barnett, J., Finlayson, B., and Wang, M. 2006. Pricing China’s irrigation water. Working Paper, School of Anthropology, Geography and Environmental Studies, the University of Melbourne, Victoria, Australia. BMC. Plant Biology 10: 34-34.
35. Wu, Q.S., Xia, R.X. and Zou, Y.N. 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. European Journal of Soil Biology 44: 122-128.
36. Wullschleger, S.D., Yin, T.M., DiFazio, S.P., Tschaplinski, T.J., Gunter, L.E., Davis, M.F., and Tuskan, G.A. 2005. Phenotypic variation in growth and biomass distribution for two advanced-generation pedigrees of hybrid poplar. Canadian Journal for Research 35: 1779-1789.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 111-126 (Research Article)

Symbiosis effects of *Mycorrhizal* and *Pseudomonas* on morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under moisture stressed condition

Salehi[1], M., Faramarzi*[2], A., Farboodi[3], M., Mohebalipour[4], N. & Ajalli[5], J.

1. PhD. Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; mohsale@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
3. Assistant Professor, Department of Soil Science, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; farboodi@gmail.com
4. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; n.mohebalipour@gmail.com
5. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran, jalil.ajali@yahoo.com

Received: 1 December 2019
Accepted: 13 May 2020

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.84409

Introduction

Environmental stresses especially drought are important and effective factors reducing plant production. Mung bean (*Vigna radiata* (L) Wilczek) from leguminosae family mostly grows in tropical areas and has a lower water requirement compared to other legumes. The role of mycorrhizal symbiosis to protect plants under drought conditions is considerable. The main effects of drought stress at the flowering stage are aborting flowers and eventually declining seed yield while the major effects of drought stress are on reproductive organs of plants in the pod filling stage. Therefore, effects of drought stress occurring due to lack of water are in different growth stages which can be divided into flowering and pod filling stages. The aim of this study was to improve some morphophysiological traits, nitrogen, protein, root colonization, mycorrhizal dependency and mycorrhizal growth response percentage of mung bean by *Glomus mosseae* and *Pseudomonas fluorescence* strain 169 symbiosis under different imposed moisture stress conditions.

Materials and Methods

A split plot Randomized Complete Block Design experiment with three replications was conducted in the research farm of Islamic Azad University of Miyaneh branch, Iran, during 2016. The main factors allocated to three levels of drought stress included: normal irrigation (control), stopping irrigation in flowering stage, stopping irrigation in pods formation stage. Sub-factor was considered for four treatments of inoculation including: non-inoculation (control), inoculation by *G. mosseae*, *P. fluorescens* strain169 and *G. mosseae+P. fluorescens* strain169. Parto variety of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) used in this study was provided by Seed and Plant improvement Institute, Karaj, Iran. Suspension solutions of *Pseudomonas fluorescens* strain169 with 108-109 live and active bacteria per ml (CFUml-1) were provided by Water and Soil Research Institute, Karaj, Iran. Glomus mosseae was obtained from Zist Fanavaraneh Turan biotech firm, which had approximately 30 live fungi per gram and was produced by culturing in host plants, used in the form of soil mixed spores and hyphae. Inoculation of seeds by *Pseudomonas fluorescence* strain 169 was done in the morning by mixing them in an aluminum paper. The 2% glucose solution was added to increase the number of bacteria attached to seeds, and the seeds were then allowed to be dried in shadow. In order to increase the efficiency of fungi and bacteria in sowing time, seeds were not sterilized. Based on physicochemical analysis, the soil clay and organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium amount in

***Corresponding Author:** aliifaramrzii52@gmail.com

the experimental farm was 1.5%, 0.1%, 5.70 ($mg.kg^{-1}$) and 301 ($mg.kg^{-1}$), respectively. In this study, traits such as protein of seed (%), nitrogen of seed (%) and root colonization (%), relative water content (%) as well as mycorrhizal dependency (%) and mycorrhizal growth response (%) were measured, and the average of ten samples from each plot for plant height (cm), the number of leaves per plant, dry weight of leaves (g), dry weight of stem+pod (g), dry weight of plant (g), stem diameter (mm) and the number of branches were collected and calculated. All measured data were analyzed for simple analysis of variance using MSTAT-C software. Mean comparison was carried out by the Duncan test at 5% probability level using SPSS (Ver.16).

Results and Discussion

Results displayed significant variation among drought stress treatments for the majority of growth characteristics. Based on inoculation treatments, there were significant differences between all measured traits except the number of leaves per plant and stem diameter. Drought stress decreased the majority of morphophysiological traits. *Glomus mosseae* increased dry weight of leaves and dry weight of plant by 44.3% and 8.45% respectively. *G.mosseae* was more effective to increase growth characteristics of mung bean. According to water requirement, pods forming stage was the most sensitive growth stage. Co-inoculation of *P. fluorescence* strain 169+*G. mosseae* synergistically affected root colonization percentage and nitrogen percentage of seeds. Protein content of seeds in drought stressed condition was more than normal irrigation plots. Plants located in cutting irrigation in pods filling stage plots plus inoculated by *G. mosseae*+*P. fluorescence* 169 had the highest protein content of seed with average 16.560%.

Conclusion

This study indicated that major differences between *G. mosseae*, *Pseudomonas fluorescence* strain 169 and interaction of them for their ability to enhance growth characteristics of mung bean. *G. mosseae* and *P. fluorescence* strain 169 could alleviate drought stress effects through enhancing the plant height directly. Pod formation stage was identified as a susceptible growth stage of the plant under water deficit condition. In addition, stopping irrigation in pod formation stage had a high negative influence on the number of leaves and branches in plant. The majority of measured growth characteristics was positively affected by soil microbial mass. Plants inoculated by *P. fluorescence* 169+*G.mosseae* under cutting irrigation in pod filling stage had the highest root colonization by 55.3%. Synergistic effects of *G. mosseae* and *P. fluorescens* 169 increased dry weight of stem+pod, dry weight of plant, which seems to be an important finding for physiologists and soil scientists. *Glomus mosseae* individually improved plant height and dry weight of leaves in cooperation with other treatments.

Keywords: Colonization, Drought stress, Inoculation, Morphological traits, Mung bean